



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift  
⑪ DE 3725454 A1

⑳ Aktenzeichen: P 37 25 454.5  
㉑ Anmeldetag: 31. 7. 87  
㉒ Offenlegungstag: 9. 2. 89

⑤1 Int. Cl. 4:  
B 32 B 18/00  
B 32 B 15/04  
B 32 B 3/02  
H 01 G 4/30  
H 01 G 1/015  
H 01 C 7/02  
H 01 C 7/10  
// H 01 C 17/00,  
C 23 C 14/34,  
H 01 C 1/14, 1/034

DE 3725454 A1

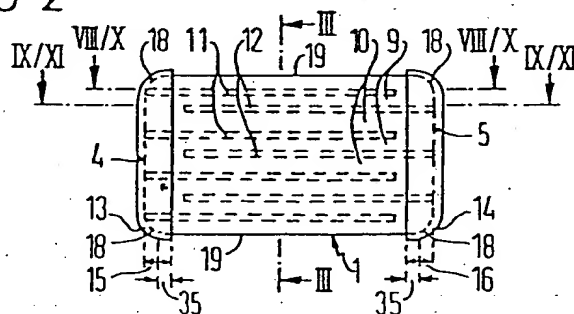
㉑ Anmelder:  
Siemens AG, 1000 Berlin und 8000 München, DE

㉒ Erfinder:  
Unterlaß, Josef, Dipl.-Ing., Graz, AT; Ramler,  
Johann, Dr.; Florian, Heinz, Dipl.-Ing.; Zettl, Franz,  
Dr., Deutschlandsberg, AT; Moshhammer, Anna, Dr.;  
Kelz, Gerhard, Dipl.-Ing., Graz, AT

⑤4 Elektrisches Vielschichtbauelement mit einem gesinterten, monolithischen Keramikkörper und Verfahren zur Herstellung des elektrischen Vielschichtbauelementes

Der gesinterte monolithische Keramikkörper (1) des elektrischen Vielschichtbauelementes weist Hohlräume (2, 3) auf, die alternierend zu gegenüberliegenden Stirnflächen (4, 5) und zu einem geringen Teil (15, 16) zu den Seitenflächen (6, 7) hin offen sind; die Hohlräume (2, 3) enthalten Keramikpartikel (8) als Stützelemente und sind vollständig mit eingepreßtem Metall gefüllt, dessen Schmelztemperatur erheblich niedriger ist als die Sintertemperatur des Keramikkörpers (1) und vorzugsweise im flüssigen Zustand die Flächen der Keramikschichten (9, 10) in den Hohlräumen (2, 3) benetzt; sämtliche Kanten (17, 18, 20) zwischen den sechs Außenflächen (4, 5, 6, 7, 19) sind abgerundet, so daß die Metallbelegungen (11, 12) bis zu den Kontaktschichten (13, 14) reichen, die nach dem Metalleinpressen aufgebracht sind.

FIG 2



DE 3725454 A1

1. Elektrisches Vielschichtbauelement, insbesondere Kondensator, Kaltleiter oder Varistor, mit den Merkmalen:

- a) ein gesinterter, monolithischer Keramikkörper (1) aus keramischen Material mit dielektrischen oder halbleitenden Eigenschaften ist
- b) mit Hohlräumen (2, 3) versehen, die alternierend von Lage zu Lage zu einander gegenüberliegenden Stirnflächen (4, 5) und jeweils in einem Teilbereich (15, 16) zu den angrenzenden Seitenflächen (6, 7) hin offen sind und im Volumen verteilt Keramikpartikel (8) enthalten, welche in den Hohlräumen (2, 3) als Stützelemente zwischen jeweils einer oberen Keramikschicht (9 bzw. 10) und einer unteren Keramikschicht (10 bzw. 9) dienen,
- c) die Hohlräume (2, 3) sind mit Metallbelegungen (11, 12) vollständig gefüllt, die aus einem Metall oder einer Metallegierung bestehen, deren Schmelztemperaturen erheblich niedriger sind, als die für die Sinterung des Keramikkörpers (1) erforderliche Temperatur,
- d) an den Stirnflächen (4, 5) und auch auf die Seitenflächen (6, 7) herumreichend sind Kontaktschichten (13, 14) vorhanden, die jeweils die Metallbelegungen (11, 12) miteinander elektrisch leitend verbinden und selbst oder durch eine weitere Metallaufgabe lötfähig sind,

gekennzeichnet durch die weiteren Merkmale:

- e) bei dem Keramikkörper (1) sind insbesondere die Kanten (17) zwischen den Stirnflächen (4, 5) und den Seitenflächen (6, 7), aber auch die Kanten (18) zwischen den Stirnflächen (4, 5) und den Oberflächen (19) und die Kanten (20) zwischen den Oberflächen (19) und den Seitenflächen (6, 7) durch mechanische Bearbeitung derart abgerundet, daß die in den Hohlräumen (2, 3) befindlichen Metallbelegungen (11, 12) bis zu den Kontaktschichten (13, 14) reichen,
- f) die Kontaktschichten (13, 14) an den Stirnflächen (4, 5) sind nicht porös und bedecken auf den Seitenflächen (6, 7) wenigstens die offenen, mit Metallbelegungen (11, 12) gefüllten Teilbereiche (15, 16) der Hohlräume (2, 3).

2. Elektrisches Vielschichtbauelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Metallbelegungen (11, 12) aus einem Metall oder einer Metallegierung bestehen mit der Eigenschaft, im flüssigen Zustand die Flächen der Keramikschichten (9, 10) in den Hohlräumen (2, 3) gut zu benetzen.

3. Elektrisches Vielschichtbauelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Metallbelegungen (11, 12) aus einer Blei-Indium-Legierung mit einem Indiumanteil von gleich oder größer als 0,5 Gew.-%, insbesondere 2,5 bis 20 Gew.-%, bestehen.

4. Elektrisches Vielschichtbauelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Metallbelegungen (11, 12) aus einer Blei-Silber-Indium-Legierung mit wenigstens 0,5 Gew.-% Indium und insgesamt bis 20 Gew.-% Silber und Indium bestehen.

5. Elektrisches Vielschichtbauelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Metallbelegungen (11, 12) aus Kupfer-Indium- oder Silber-Indium-Legierungen bestehen.

6. Elektrisches Vielschichtbauelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Kontaktschichten (13, 14) aus Nickel oder Legierungen mit einem hohen Nickelanteil bestehen.

7. Elektrisches Vielschichtbauelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Kontaktschichten (13, 14) aus Silber oder Legierungen mit einem hohen Silberanteil bestehen.

8. Elektrisches Vielschichtbauelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Kontaktschichten (13, 14) mehrschichtig sind und in Nachbarschaft zum Keramikkörper (1) aus einer ersten Schicht aus Aluminium (Al) oder Chrom (Cr), darauf einer zweiten Schicht aus Nickel (Ni) oder Nickel-Vanadium (NiV) und darauf einer dritten Schicht aus Silber (Ag) bestehen.

9. Elektrisches Vielschichtbauelement nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß über der Silberschicht noch eine Zinnschicht (Sn) angeordnet ist.

10. Elektrisches Vielschichtbauelement nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Aluminiumschicht 0,5 µm, die zweite Schicht aus NiV 1,5 µm und die dritte Schicht 1 µm dick sind.

11. Elektrisches Vielschichtbauelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Kontaktschichten (13, 14) durch Bedrucken (Siebdruck), Tauchen, galvanisch oder chemisch abgeschieden sind oder durch Kathodenzerstäubung (sputtering), durch Aufdampfen oder mittels Metallspritzverfahren aufgetragen sind.

12. Elektrisches Vielschichtbauelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens die von Kontaktschichten (13, 14) freien Bereiche der Seitenflächen (6, 7) mit elektrisch isolierendem und feuchtedichtem Material bedeckt sind.

13. Verfahren zur Herstellung eines elektrischen Vielschichtbauelementes, insbesondere eines Kondensators, Kaltleiters oder Varistors, nach Anspruch 1 mit den Verfahrensschritten:

- a) es werden 0,03 bis 0,1 mm dicke Schichten (21, 22, 25, 26), deren Breite (33) und Länge (34) je ein Vielfaches der Breite und Länge der späteren Keramikkörper (1) betragen, aus einer Suspension, die dielektrisches oder halbleitendes Material in feiner Verteilung enthält, hergestellt und getrocknet,
- b) auf diese Schichten (21, 22, 25, 26) werden in Form von abgegrenzten Bereichen Muster (23, 24, 27, 28) in bestimmter Anordnung und in einer Dicke von 0,005 bis 0,02 mm aus einer Suspension aufgetragen (z.B. aufgedruckt) und eingetrocknet, die beim späteren Sintern gemäß Verfahrensschritt e) entweichende Bestandteile (Oxide, Karbonate, Kohlenstoff oder Ruß) und Keramikpartikel enthält, die beim späteren Sintern gemäß Verfahrensschritt e) im wesentlichen unverändert bleiben,
- c) aus einer Vielzahl solcher Schichten (21, 22, 25, 26) wird ein Stapel gebildet, in welchem sich die Suspensionsmuster (23, 24, 27, 28) in großen Teilbereichen (29) überlappen und der gegebenenfalls oberhalb und/oder unterhalb mit von Suspensionsmustern freien, als Decklagen dienenden Suspen-

sionsschichten versehen ist,

d) der Stapel wird durch einen Preßvorgang verdichtet und anschließend oder erst nach dem Sintern längs von Schnittlinien (30, 31) in Längs- und in Querrichtung zerteilt,

e) der verdichtete Stapel oder die daraus entstandenen Einzelkörper (32) werden mit entsprechendem Aufheiz- und Abkühlverlauf bei Temperaturen von 1000°C oder höher gesintert,

f) die Keramikkörper (1) werden in einem Autoklaven, gegebenenfalls nach vorheriger Evakuierung, in eine Metallschmelze zum Einpressen von Metall in die Hohlräume (2, 3) mittels Überdruck getaucht und dann oberhalb der Metallschmelze abgekühlt mit anschließender Reduktion des Überdruckes auf Normaldruck,

g) die gesinterten und mit erstarrtem Metall (37) gefüllten Keramikkörper (1) werden an den Stirnflächen (4, 5) und auf die Seitenflächen (6, 7) herumreichend mit Kontaktschichten (13, 14) versehen, gekennzeichnet durch die weiteren Verfahrensschritte:

h) nach dem Verfahrensschritt f) werden die Keramikkörper (1) zur mechanischen Behandlung mit Abriebpulver, insbesondere SiC-Pulver feiner Körnung (im Mittel 50 µm Korndurchmesser) im Verhältnis von 50 bis 200 g Pulver auf 1500 g Keramikkörper intensiv vermischt und dann zusammen mit Wasser im Verhältnis von 500 bis 1000 g Wasser auf 1700 g Feststoffgemisch in einem Mahlgefäß umgewälzt,

i) im Verfahrensschritt g) werden nicht poröse Kontaktschichten (13, 14), die Nickel oder Silber enthalten, durch chemische oder galvanische Abscheidung, mittels Bedrucken (Siebdruck), Tauchverfahren, durch Kathodenzerstäubung (sputtering), durch Aufdampfen oder mittels Metallspritzverfahren aufgetragen.

14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß im Verfahrensschritt b) die Suspension in Form von Mustern (23, 24, 27, 28) aufgetragen wird, die die abgegrenzten Bereiche darstellen und über die gesamte Breite (33) der Schichten (21, 22, 25, 26) miteinander durch Brücken (39) verbunden sind, die bis zu den Außenrändern (38) reichen.

15. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß beim Verfahrensschritt h) ein Mahlgefäß aus V2A-Stahl verwendet wird, das auf einem Walzenstuhl mit 60 bis 100 Umdrehungen pro Minute gedreht wird.

#### Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein elektrisches Vielschichtbauelement, insbesondere Kondensator, Kaltleiter oder Varistor, mit den Merkmalen:

a) ein gesintertes, monolithischer Keramikkörper aus keramischem Material mit dielektrischen oder halbleitenden Eigenschaften ist

b) mit Hohlräumen versehen, die alternierend von Lage zu Lage zu einander gegenüberliegenden Stirnflächen und jeweils in einem Teilbereich zu den angrenzenden Seitenflächen hin offen sind und im Volumen verteilt Keramikpartikel enthalten, welche in den Hohlräumen als Stützelemente zwischen jeweils einer oberen Keramikschicht und einer unteren Keramikschicht dienen,

c) die Hohlräume sind mit Metallbelegungen vollständig gefüllt, die aus einem Metall oder einer Metallegierung bestehen, deren Schmelztemperaturen erheblich niedriger sind, als die für die Sinterung des Keramikkörpers erforderliche Temperatur,

d) an den Stirnflächen und gegebenenfalls auch auf die Seitenflächen herumreichend sind Kontaktschichten vorhanden, die jeweils die Metallbelegungen miteinander elektrisch leitend verbinden und selbst oder durch eine weitere Metallaufgabe lötfähig sind.

Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zur Herstellung eines solchen elektrischen Vielschichtbauelementes mit den Verfahrensschritten:

a) es werden 0,03 bis 0,1 mm dicke Schichten, deren Breite und Länge je ein Vielfaches der Breite und Länge der späteren Keramikkörper betragen, aus einer Suspension, die dielektrisches oder halbleitendes Material in feiner Verteilung enthält, hergestellt und getrocknet,

b) auf diese Schichten werden in Form von abgegrenzten Bereichen Muster in bestimmter Anordnung und in einer Dicke von 0,005 bis 0,02 mm eine Suspension aufgetragen (z.B. aufgedruckt) und eingetrocknet, die beim späteren Sintern gemäß Verfahrensschritt e) entweichende Bestandteile (Oxide, Karbonate, Kohlenstoff oder Ruß) und Keramikpartikel enthält, die beim späteren Sintern gemäß Verfahrensschritt e) im wesentlichen unverändert bleiben,

c) aus einer Vielzahl solcher Schichten wird ein Stapel gebildet, in welchem sich die Suspensionsmuster in großen Teilbereichen überlappen und der gegebenenfalls oberhalb und/oder unterhalb mit von Suspensionsmustern freien, als Decklagen dienenden Suspensionsschichten versehen ist,

d) der Stapel wird durch einen Preßvorgang verdichtet und anschließend oder erst nach dem Sintern längs von Schnittlinien in Längs- und in Querrichtung zerteilt,

e) der verdichtete Stapel oder die daraus entstandenen Einzelkörper werden mit entsprechendem Aufheiz- und Abkühlverlauf bei Temperaturen von 1000°C oder höher gesintert,

f) die Keramikkörper werden in einem Autoklaven, gegebenenfalls nach vorheriger Evakuierung, in eine Metallschmelze zum Einpressen von Metall in die Hohlräume mittels Überdruck getaucht und dann oberhalb der Metallschmelze abgekühlt mit anschließender Reduktion des Überdruckes auf Normaldruck,

g) die gesinterten und mit erstarrtem Metall gefüllten Keramikkörper werden an den Stirnflächen und auf die Seitenflächen herumreichend mit Kontaktschichten versehen.

Elektrische Vielschichtkondensatoren mit einem gesinterten, monolithischen Keramikkörper aus dielektrischem Material, auf die sich die vorliegende Erfindung vorzugsweise bezieht, sind bereits in vielfacher Weise in der Patentliteratur beschrieben worden. Von dieser vielfältigen Patentliteratur kommen der vorliegenden Erfindung die USA-Patentschriften 36 79 950, 40 71 880 und 46 58 328, die der DE-OS 36 12 084 entspricht, am nächsten.

In der US-PS 36 79 950 ist ein keramischer Vielschichtkondensator beschrieben, der die Merkmale des eingangs angegebenen Vielschichtkondensators aufweist, mit der Ausnahme, daß die Hohlräume alternierend von Lage zu Lage nur zu einander gegenüberliegenden Stirnflächen, nicht aber zu den angrenzenden Seitenflächen hin offen sind.

In dieser USA-Patentschrift ist auch ein Verfahren zur Herstellung eines solchen elektrischen Vielschichtkondensators beschrieben, bei dem sämtliche oben angegebenen Verfahrensschritte verwirklicht sind, jedoch mit der Maßgabe, daß die gemäß Verfahrensschritt b) aufzutragenden Suspensionsbereiche derart ausgewählt sind, daß letztlich nur jeweils zu einer Seite offene Hohlräume entstehen. Da im fertigen Stapel aus mehreren derart vorbereiteten Schichten die Suspensionsbereiche praktisch rundherum verschlossen sind, ist es erforderlich, daß bereits dieser Stapel längs von senkrecht zueinander stehenden Trennlinien in Einzelkörper aufgetrennt wird, damit beim nachfolgenden Sintervorgang; für den ein entsprechendes Aufheiz-, Sinter- und Abkühlschema erforderlich ist, das Entweichen und/oder das Zersetzen der zu entfernenden Bestandteile aus den Suspensionsbereichen zur Bildung der Hohlräume erfolgen kann.

Zur Herstellung der Kondensatorbelegungen innerhalb der Hohlräume des monolithischen Keramikkörpers wird — neben anderen Möglichkeiten — niedrig schmelzendes Metall oder niedrig schmelzende Metallegierungen, beispielsweise Blei oder eine Legierung aus 50% Bi, 25% Pb, 12,5% Sn und 12,5% Cd angegeben. Alle diese Legierungen haben Schmelztemperaturen, die beträchtlich niedriger sind, als die für die Sinterung des monolithischen Keramikkörpers erforderliche Sintertemperatur von bis zu 1325°C. Außerdem benetzen diese Legierungen die Oberfläche der Keramikkörper, insbesondere in den Hohlräumen, nur sehr schlecht oder gar nicht.

Die Kontaktschichten, meist aus Silber bestehend, werden an den gegenüberliegenden Stirnflächen bei dem in der US-PS 36 79 950 beschriebenen Vielschichtkondensator stets nach dem Einpressen des niedrig schmelzenden flüssigen Metalles und Abkühlen des getränkten Keramikkörpers aufgebracht.

In der US-PS 40 71 880 ist praktisch der gleiche elektrische Vielschichtkondensator mit einem gesinterten, monolithischen Keramikkörper beschrieben, für den insoweit die gleichen Überlegungen gelten, wie für den aus der US-PS 36 79 950 bekannten Vielschichtkondensator.

In der US-PS 40 71 880 ist darüberhinaus auch die Möglichkeit ausführlich beschrieben, die Kontaktschichten auf die Stirnflächen des monolithischen Keramikkörpers vor dem Tränken desselben aufzubringen, wofür diese Kontaktschichten porös ausgebildet sein müssen. Sie bewirken, daß geschmolzenes Tränkmittel beim Herausheben aus der Schmelze nicht ausfließen kann, weil die verwendeten Tränkmittel den Keramikkörper nicht oder nur schlecht benetzen.

Der in der US-PS 40 71 880 beschriebene Vielschichtkondensator besteht aus einer Mehrzahl von wechselseitig aufeinanderliegenden Keramikschichten und inneren Elektroden (Kondensatorbelegungen) sowie äußeren Doppelschichtelektroden (Kontaktschichten), die in vorbestimmter Weise mit den inneren Elektroden verbunden sind. Beispielsweise liegt eine kammartige Elektrodenstruktur vor.

Bei der Herstellung eines solchen monolithischen Vielschichtkondensators werden zunächst unbehandelte bzw. ungesinterte Keramikplättchen (Suspensionsschichten) mit Hilfe eines Abstreif- bzw. Rakelverfahrens unter Verwendung einer Abstreifklinge hergestellt. Diese Keramikplättchen besitzen eine Dicke von 0,05 bis 0,1 mm. Auf die Oberflächen der Keramikplättchen wird dann eine Kohlen- bzw. Kohlenstoffpaste aufgetragen bzw. aufgedruckt, die aus einer Mischung von Kohle- bzw. Kohlenstoffpulver und Keramikpulver besteht. Diese Paste (Suspension) wird in abgegrenzten Bereichen aufgetragen, und zwar so, daß die Hohlräume im fertigen Keramikkörper alternierend nur zu gegenüberliegenden Stirnflächen offen sind. Mehrere solcher bedruckter Keramikplättchen werden abwechselnd aufeinanderliegend angeordnet und durch Anwendung einer Druckkraft miteinander zur Bildung einer integrierten Struktur verbunden. Aus dieser integrierten Struktur werden durch Auftrennung längs von senkrecht aufeinanderstehenden Schnittlinien Einzelkörper erzeugt, die bei einer Temperatur oberhalb von 1000°C gebrannt werden, um die keramischen Plättchen zu sintern und um das Kohle- bzw. Kohlenstoffpulver innerhalb der aufgedruckten Kohlenstoffpaste zu beseitigen. Dadurch werden poröse Zwischenschichten mit Keramikpulver in Bereichen erzeugt, in denen die inneren Elektroden gebildet werden sollen. Im Anschluß daran werden die porösen äußeren Elektroden (Kontaktschichten) an die gesinterten Einzelkörper angebracht.

Dies kann dort wie auch bei der vorliegenden Erfindung beispielsweise durch Verfahren erfolgen, die in den US-PSen 36 83 849, 45 26 129, 45 61 954, in der GB-PS 21 06 714, in der DE-PS 27 22 140, oder in der DE-OS 36 38 286 beschrieben sind.

Die äußeren Elektroden werden beispielsweise durch Einbrennen einer Paste erhalten, die hauptsächlich aus Nickel besteht, das mit einer Glasurmasse vermischt ist. Der auf diese Weise gebildete Keramikkörper wird dann in einen Druckbehälter eingeführt und in geschmolzenes Blei, das als Leitungsmaterial für die Kondensatorbelegungen dient, bei einer Temperatur der Schmelze von etwa 330 bis 360°C und im dekomprimierten Zustand eingetaucht. Anschließend wird der Druck auf etwa 10 bar (atm) erhöht, so daß geschmolzenes Blei unter Druck in die Hohlräume des Keramikkörpers eindringt, und zwar ausschließlich durch die porösen äußeren Elektroden hindurch. Der Keramikkörper wird dann aus dem geschmolzenen Blei herausgezogen, abgekühlt und wiederum dem Normaldruck ausgesetzt, so daß sich die inneren Elektroden aus Blei bilden. Im

Anschluß daran werden auf die äußeren Elektroden zusätzlich Schichten aufgetragen, die eine gute Lötbarkeit aufweisen.

Zur Herstellung des beschriebenen Vielschichtkondensators müssen die auf den monolithischen Keramikkörper aufgetragenen äußeren Elektroden porös sein und so ausgebildet bzw. hergestellt werden, daß zunächst ein Eintritt des flüssigen Bleis für die inneren Elektroden möglich ist, daß sie andererseits aber verhindern, daß das Blei wieder aus den Hohlräumen des Keramikkörpers herausfließt, wenn dieser aus dem geschmolzenen Blei herausgezogen wird, weil — wie ausdrücklich in Spalte 10, Zeilen 51 bis 58 der US-PS 40 71 880 empfohlen wird — die einzupressende Metallschmelze den Keramikkörper nicht leicht benetzen darf. Mit anderen Worten bilden die porösen äußeren Elektroden in bestimmten Zuständen Durchdringungsbarrieren. Die porösen äußeren Elektroden bestehen hauptsächlich aus Nickel, das mit Blei nicht reagiert. Die Haftfestigkeit an den Stirnflächen des Keramikkörpers hängt von der Menge der Glasurmasse innerhalb der Paste ab, wobei die Haftstärke mit steigender Menge an Glasurmasse verbessert wird. In diesem Fall jedoch vermindert sich die Anzahl der Poren der äußeren Elektroden, so daß die Durchdringung von Blei erschwert wird, während Glaskomponenten die Zwischenschichten blockieren und die Zufuhr von Blei beeinträchtigen. Die elektrostatische Kapazität kann daher nicht in gewünschter Weise eingestellt werden, selbst wenn der Keramikbaustein innerhalb der Schmelze einem relativ hohem Druck ausgesetzt wird.

In der US-PS 46 58 328 (entsprechend der DE-OS 36 12 084) ist zur Lösung der beschriebenen Probleme vorgeschlagen, die Hohlräume im Inneren des Keramikkörpers so zu gestalten, daß sie sowohl an den einander gegenüberliegenden Stirnflächen als auch zu einem geringen Teil an den angrenzenden Seitenflächen offen sind, damit das geschmolzene Metall beim Injektionsprozeß nicht nur durch die porösen Kontaktschichten hindurch, sondern auch durch die zu einem geringen Teil an den Seitenflächen offenen und von Kontaktschichten freien Teile der Hohlräume eindringen kann, dann aber dennoch nicht aus den Hohlräumen wieder ausfließen kann.

Der in der US-PS 46 58 328 beschriebene Vielschichtkondensator weist insofern alle Merkmale des oben angegebenen Vielschichtkondensators auf.

In dieser US-PS bzw. in der entsprechenden DE-OS ist auch ein Verfahren beschrieben, das die für das Herstellungsverfahren oben angegebenen Verfahrensschritte umfaßt, jedoch mit der Maßgabe, daß die an den Stirnflächen angebrachten Kontaktschichten nach wie vor porös sind.

In den nicht veröffentlichten deutschen Offenlegungsschriften 36 27 936 und 36 27 929 sind Vielschichtkondensatoren mit einem gesinterten monolithischen Keramikkörper und Verfahren zu ihrer Herstellung beschrieben, die ebenfalls die Merkmale des eingangs angegebenen Vielschichtkondensators bzw. des Verfahrens zu seiner Herstellung aufweisen. In diesen Offenlegungsschriften wird vorgeschlagen, als niedrig schmelzendes Metall für die Kondensatorbelegungen ein solches zu verwenden, das im Gegensatz zu den für diese Zwecke bisher bekannten Metallen oder Metallegierungen die Oberflächenteile innerhalb der Hohlräume des Keramikkörpers gut benetzt. Für diese Metalle bzw. Legierungen sind eine Reihe von Vorschlägen gemacht, die auch als für die vorliegende Erfindung geeignete Metalle oder Metallegierungen gelten.

Das Einpressen dieser Metalle in die Keramikkörper erfolgt gemäß diesen Offenlegungsschriften nach wie vor durch die jeweils nur zu einer Seite gerichteten Öffnungen der Hohlräume, die entweder noch frei von einer Kontaktschicht sind oder mit einer porösen Kontaktschicht bedeckt sein können. Im ersten Fall werden die Kontaktschichten nachträglich aufgebracht.

Die Verwendung eines die Oberfläche des Keramikkörpers gut benetzenden Metalles hat den Vorteil, daß dieses Metall aus den Hohlräumen des Keramikkörpers beim Herausnehmen aus der Metallschmelze nicht mehr herausfließt und daß eine gute Anbindung der Kondensatorbelegungen an die Kontaktschichten gewährleistet ist.

Beim Einpressen der niedrig schmelzenden Metallegierung durch poröse Kontaktschichten hindurch in die Hohlräume im Keramikkörper, die nur zu einer Seite hin offen sind, treten die bereits oben beschriebenen Probleme auf, die sich auch durch die Verwendung gut benetzender Metalle oder Metallegierungen nicht beseitigen lassen, nämlich die Gefahr der Verstopfung der Poren in der porösen Schicht und damit eine unzureichende Ausfüllung der Hohlräume. Beim Anbringen der Kontaktschichten nach dem Einpressen der Metallschmelze und Abkühlen der gefüllten Keramikkörper entstehen wiederum Probleme, die darin bestehen, daß die Anbindung der Kondensatorbelegungen im Inneren des Keramikkörpers an die Kontaktschichten an den Stirnflächen unzureichend sein kann.

Eine sehr genaue Beschreibung der Herstellung von Vielschichtkondensatoren ist in der US-PS 45 84 629, entsprechend der GB-PS 21 62 371 bzw. der DE-OS 35 09 593, enthalten. Auch bei diesen Kondensatoren werden auf die gegenüberliegenden Stirnflächen der gesinterten Keramikkörper vor dem Einpressen des Metalles in die Hohlräume die Kontaktschichten aufgetragen. Gleichwohl sind die dort — wie auch die in den anderen Schriften — beschriebenen Maßnahmen zum Herstellen des Keramikkörpers und zum Einpressen von Metallschmelze in seine Hohlräume bei der vorliegenden Erfindung ebenfalls anwendbar.

Keramische Kaltleiter in Schichtbauweise sind beispielsweise in der GB-PS 9 32 558 und keramische Vielschichtvaristoren sind beispielsweise in der US-PS 46 75 644, entsprechend EP-A-01 89 087, beschrieben, wobei jedoch die Metallbelegungen bereits vor dem Sintern der Keramikkörper durch Verwendung hitzebeständiger Edelmetalle (Pt, Pd, Ag etc.) erzeugt werden, wie dies auch in der US-PS 37 40 624 beschrieben ist.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein elektrisches Vielschichtbauelement und ein Verfahren zu seiner Herstellung anzugeben, um zu gewährleisten, daß einerseits eine gute Anbindung, d.h. eine Verbindung mit geringem elektrischem Übergangswiderstand, zwischen den Belegungen im Inneren des Keramikkörpers und den Kontaktschichten und möglichst eine vollständige Füllung der Hohlräume im Keramikkörper erreicht werden und andererseits eine wesentliche Vereinfachung des Herstellungsverfahrens sichergestellt wird. Ferner sollen die Vielschichtbauelemente auch für die Oberflächenmontage (Surface-mounted-devices-SMD) geeignet sein und die dafür bestehenden Anforderungen, wie Benetzbarkeit für Lot, Ablegierbeständig-

keit, Widerstandsfestigkeit gegen chemische und Temperatureinflüsse, an die Schaltplatinen angepaßte Geometrie, erfüllen.

Zur Lösung dieser Aufgabe ist das elektrische Vielschichtbauelement der eingangs genannten Art erfindungsgemäß gekennzeichnet durch die weiteren Merkmale:

- 5 e) bei dem Keramikkörper sind insbesondere die Kanten zwischen den Stirnflächen und den Seitenflächen, aber auch die Kanten zwischen den Stirnflächen und den Oberflächen und die Kanten zwischen den Oberflächen und den Seitenflächen durch mechanische Bearbeitung derart abgerundet, daß die in den Hohlräumen befindlichen Metallbelegungen bis zu den Kontaktschichten reichen,  
 10 f) die Kontaktschichten an den Stirnflächen sind nicht porös und bedecken auf den Seitenflächen wenigstens die offenen, mit Metallbelegungen gefüllten Teilbereiche der Hohlräume.

Für die Metallbelegungen können vorzugsweise unterschiedliche Legierungen verwendet werden, so beispielsweise eine Blei-Indium-Legierung mit einem Indiumanteil von gleich oder größer als 0,5 Gew.-%, insbesondere 2,5 bis 20 Gew.-%, ferner eine Blei-Silber-Indium-Legierung mit wenigstens 0,5 Gew.-% Indium und insgesamt bis 20 Gew.-% Silber und Indium, ferner Kupfer-Indium oder Silber-Indium-Legierungen.

Die Kontaktschichten bestehen vorzugsweise aus Nickel oder Legierungen mit einem hohen Nickelanteil oder aus Silber oder Legierungen mit einem hohen Silberanteil.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform sind die Kontaktschichten mehrschichtig und bestehen in Nachbarschaft zum Keramikkörper aus einer ersten Schicht aus Aluminium (Al) oder Chrom (Cr), darauf einer zweiten Schicht aus Nickel (Ni) oder Nickel-Vanadium (NiV) und darauf einer dritten Schicht aus Silber (Ag).

Es ist vorteilhaft, wenn die Aluminiumschicht 0,5 µm, die zweite Schicht aus NiV besteht und 1,5 µm und die Silberschicht 1 µm dick sind.

Über der Silberschicht kann zur Verbesserung des Langzeitverhaltens (Lagerfähigkeit von 2 Jahren, festgestellt durch Benetzbarkeitstest nach 16 Stunden Lagerzeit bei 155°C) noch eine Zinnschicht angeordnet sein.

Die Kontaktschichten sind vorzugsweise durch Bedrucken (Siebdruck), Tauchen, galvanisch oder chemisch abgeschieden oder durch Kathodenzerstäubung (sputtering), durch Aufdampfen oder mittels Metallspritzverfahren aufgetragen.

Falls erforderlich, ist es vorteilhaft, daß wenigstens die von Kontaktschichten freien Bereiche der Seitenflächen mit elektrisch isolierendem und feuchtedichtem Material, z.B. Kunststoff, bedeckt sind, wie dies auch schon in der US-PS 46 58 328 bzw. der DE-OS 36 12 084 beschrieben ist.

Das eingangs angegebenen Verfahren zur Herstellung eines elektrischen Vielschichtbauelementes ist erfindungsgemäß gekennzeichnet durch die weiteren Verfahrensschritte:

- 35 h) nach dem Verfahrensschritt f) werden die Keramikkörper zur mechanischen Behandlung mit Abriebpulver, insbesondere SiC-Pulver feiner Körnung (im Mittel 50 µm Korndurchmesser) im Verhältnis von 50 bis 200 g Pulver zu 1500 g Keramikkörper intensiv vermischt und dann zusammen mit Wasser im Verhältnis von 500 bis 1000 g Wasser zu 1700 g Feststoffgemisch in einem Mahlgefäß umgewälzt,  
 40 i) im Verfahrensschritt g) werden nicht poröse Kontaktschichten, die Nickel oder Silber enthalten, durch chemische oder galvanische Abscheidung, mittels Bedrucken (Siebdruck), Tauchverfahren, durch Kathodenzerstäubung (sputtering), durch Aufdampfen oder mittels Metallspritzverfahren aufgetragen.

Vorzugsweise wird im Verfahrensschritt b) die Suspension in Form von Mustern aufgetragen, die die abgegrenzten Bereiche darstellen und über die gesamte Breite der Schichten miteinander durch Brücken verbunden sind, die bis zu den Außenrändern reichen.

Es ist vorteilhaft, wenn beim Verfahrensschritt h) ein Mahlgefäß aus V2A-Stahl verwendet wird, das auf einem Walzenstuhl mit 60 bis 100 Umdrehungen pro Minute gedreht wird.

Durch die Erfindung werden folgende Vorteile erzielt:

- 50 – Durch die abgerundeten Kanten ist die Oberfläche des gefüllten Keramikkörpers so weit abgetragen, daß sogar bei schlecht benetzendem Einpreßmetall das in den Hohlräumen verbliebene Metall an den Stirnflächen und insbesondere an den angrenzenden Kanten gut mit den Kontaktschichten verbunden ist; insbesondere gilt dies für gut benetzendes Einpreßmetall.  
 – Die Füllung mit Metall wird in kürzeren Zeiten ermöglicht.  
 55 – Beim Einpressen werden wegen des ungehinderten Eindringens verkürzte Tränkzeiten und niedrigere Drucke angewendet, wodurch auch eine geringere Belastung der Keramikkörper erfolgt.  
 – Durch das Aufbringen der Kontaktschichten nach dem Einpressen der Metallschmelze wird vermieden, daß die einzelnen Keramikkörper zu keinem Zeitpunkt des Verfahrens zusammenkleben oder sogar zusammenschmelzen.  
 60 – Da es sich überraschenderweise gezeigt hat, daß die Verwendung von Metallen oder Metallegierungen, welche die Oberflächen in den Hohlräumen der Keramikschichten des Keramikkörpers gut benetzen, an den Stirn- und an den angrenzenden Seitenflächen durch Kontraktion des Metalles zu von Metall freien Randbereichen führt, bewirkt das Abscheuern der Kanten einen sicheren Kontakt mit den Kontaktschichten.  
 65 – Beim Herstellen der Keramikkörper ist es nicht mehr erforderlich, auf die einzelnen Suspensionsschichten gewissermaßen abgegrenzte Flecke aus der Suspension für die poröse Zwischenschicht herzustellen, sondern es können über die gesamte Breite der Suspensionsschichten sich erstreckende Bereiche aus Suspensionsmaterial in Form von durch Brücken verbundenen Mustern für die poröse Zwischenschicht



aufgetragen werden.

– Dadurch ist es auch möglich, nicht nur die Einzelteile zu sintern, sondern es können auch größere Stapel gesintert und erst nach dem Sintern in einzelne Keramikkörper aufgeteilt werden, weil die sich zersetzenden und entweichenden Bestandteile der porösen Zwischenschicht dennoch aus diesem größeren Stapel austreten können.

– Im Bedarfsfalle können zur Erhöhung der Isolation oder als Feuchteschutz die freien Oberflächenteile der Seitenflächen oder auch das gesamte Vielschichtbauelement mit einer Umhüllung aus an sich bekanntem Isoliermaterial versehen werden.

– An unerwünschten Stellen eventuell vorhandenes Einpreßmetall wird in einfacher Weise bei der mechanischen Behandlung entfernt.

Vorzugsweise bezieht sich die Erfindung auf Vielschichtkondensatoren, sie ist aber auch bei Kaltleitern oder Varistoren anwendbar.

Die Formulierung, wonach "im Volumen der Hohlräume verteilt Keramikpartikel enthalten sind", schließt sowohl einzelne Partikel ein, die als Stützelemente dienen, als auch ein poröses Gerüst, dessen Poren miteinander über das gesamte Volumen hinweg verbunden sind, so daß das eingepreßte flüssige Metall in jedem Falle vollständig eindringen kann.

Der Begriff "keramisches Material mit dielektrischen oder halbleitenden Eigenschaften" schließt insbesondere auch ferroelektrisches, dielektrisches Material mit Perowskitstruktur ein, zum Beispiel vorzugsweise Titanate der Erdalkalien, insbesondere des Bariums und auch Mischtitanate, bei denen Barium durch andere Erdalkalien oder Magnesium substituiert ist und/oder bei denen das Titan beispielsweise durch Zinn substituiert ist. Das dielektrische Material mit Perowskitstruktur kann mit Zusatzstoffen, wie z.B. Antimon, Wismut oder Lanthan oder seltenen Erdmetallen oder auch mit Kupfer, Eisen dotiert sein, so daß höhere Werte der Dielektrizitätskonstanten oder verbesserte Kaltleitereigenschaften (PTC-Eigenschaften) resultieren oder andere elektrische Eigenschaften, wie z.B. deren Temperaturabhängigkeit oder der Verlustfaktor entsprechend den gewünschten Erfordernissen variiert werden. Ferner schließt obiger Begriff auch die hinreichend bekannten Materialien für Varistoren ein, das sind Widerstände, deren Widerstandswert von der anliegenden Spannung abhängig ist, die auch als Voltage Dependent Resistors (VDR) bezeichnet werden und die als Hauptbestandteil Zinkoxid enthalten.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines in den beigefügten Figuren dargestellten Ausführungsbeispiels für einen Vielschichtkondensator näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 den monolithischen Keramikkörper vor der Füllung der Hohlräume mit Metall und vor dem Anbringen der Kontaktschichten;

Fig. 2 einen fertigen Vielschichtkondensator in Draufsicht auf die Seitenfläche 6;

Fig. 3 einen Schnitt längs der Linie III-III in Fig. 2;

Fig. 4 einen Schnitt längs der Linie IV-IV in Fig. 1;

Fig. 5 einen Schnitt längs der Linie V-V in Fig. 1;

Fig. 6 einen Schnitt längs der Linie VI-VI ebenfalls in Fig. 1, jedoch nach dem Metalleinpressen;

Fig. 7 einen Schnitt längs der Linie V-V ebenfalls in Fig. 1, jedoch nach dem Metalleinpressen.

Fig. 8 einen Schnitt längs der Linie VIII-VIII in Fig. 2, vor dem Anbringen der Kontaktschichten;

Fig. 9 einen Schnitt längs der Linie IX-IX in Fig. 2, vor dem Anbringen der Kontaktschichten;

Fig. 10 einen Schnitt längs der Linie X-X in Fig. 2, nach dem Anbringen der Kontaktschichten;

Fig. 11 einen Schnitt längs der Linie XI-XI in Fig. 2, nach dem Anbringen der Kontaktschichten;

Fig. 12 eine Suspensionsschicht mit aufgetragenen Suspensionsmustern in Draufsicht;

Fig. 13 eine weitere Suspensionsschicht mit aufgetragenen Suspensionsmustern in Draufsicht;

Fig. 14 eine Suspensionsschicht mit anders aufgetragenen Suspensionsmustern in Draufsicht;

Fig. 15 eine weitere Suspensionsschicht mit anders aufgetragenen Suspensionsmustern in Draufsicht.

Fig. 1 zeigt den gesinterten monolithischen Keramikkörper 1, der von Hohlräumen 2, 3 durchsetzt ist. Die Hohlräume 2 sind zur Stirnfläche 4 und die Hohlräume 3 sind zur Stirnfläche 5 des Keramikkörpers 1 hin offen, beide Hohlräume sind aber auch in Teilbereichen 15, 16 zu den Seitenflächen 6 und 7 hin offen. Die Keramikpartikel 8 sind über die Volumina der Hohlräume 2 und 3 verteilt, und zwar im Sinne der obigen Erläuterung, und dienen als Stützelemente. Der monolithische Keramikkörper 1 ist aus Keramikschichten 9 und 10 zusammengesintert, die hier als Dielektrikum dienen.

Die Kanten 17 befinden sich zwischen den Stirnflächen 4, 5 und den Seitenflächen 6, 7, die Kanten 18 befinden sich zwischen den Stirnflächen 4, 5 und den Oberflächen 19, während sich die Kanten 20 zwischen den Oberflächen 19 und den Seitenflächen 6, 7 befinden. Die Kanten 17, 18, 20 werden nach dem Einpressen und Erstarren des Metalles der Belegungen 11, 12 durch mechanische Bearbeitung abgetragen und dadurch abgerundet.

In Fig. 1 ist der Keramikkörper 1 in seinem Zustand nach dem Sintern gezeigt, jedoch vor dem Füllen der Hohlräume 2 und 3 mit niedrig schmelzendem Metall, vor dessen mechanischer Bearbeitung und vor dem Anbringen der Kontaktschichten 13, 14 an den Stirnseiten 4 und 5.

Fig. 2 zeigt einen fertigen Vielschichtkondensator in Draufsicht auf die Seitenfläche 6. Man erkennt den aus den Keramikschichten 9 und 10 zusammengesinterten monolithischen Keramikkörper 1, dessen Hohlräume 2, 3 mit den Metallbelegungen 11 und 12 gefüllt sind. Alternierend von Lage zu Lage enden diese Metallbelegungen 11 und 12 an einander gegenüberliegenden Stirnflächen 4 und 5 und sind dort durch die Kontaktschichten 13 und 14 miteinander elektrisch verbunden.

Die Kontaktschichten 13 und 14 können zwar auch, wie in den USA-Patentschriften 36 79 950 und 40 71 880 gezeigt, nur die Stirnflächen bedecken. Diese Kontaktschichten sind selbst lötfähig oder weisen eine lötfähige weitere Schicht auf, an die z.B. Stromzuführungsdrähte angelötet werden können.

Es ist jedoch wegen der besseren elektrischen Verbindung der Metallbelegungen 11, 12 an den abgerundeten Kanten 17 vorteilhaft, wenn die Kontaktschichten 13 und 14 nicht nur an den Stirnflächen 4 und 5, sondern auch auf den Seitenflächen 6 und 7 wenigstens die Teilbereiche 15, 16 bedeckend ausgebildet sind. Dies ist beispielsweise auch für sogenannte Chip-Bauelemente (für SMD-Anwendung) vorteilhaft, weil diese dann auf eine mit

gedruckten Leiterbahnen versehenen Schaltplatine unmittelbar aufgelötet werden können. Für diesen Fall reichen die Kontaktschichten 13 und 14 so weit auf die angrenzenden Seitenflächen 6 und 7 und auch auf die Oberfläche 19 herum, daß je eine Auflagefläche mit der Breite 35 resultiert. Diese Breite ist so zu bemessen, daß sie an die Flächen, an denen der Chip-Kondensator anzulöten ist, angepaßt sind.

In Fig. 2 sind die abgerundeten Kanten 18 zwischen den Stirnflächen 4, 5 und den Oberflächen 19 zu erkennen.

In Fig. 3, die einen Schnitt längs der Linie III-III in Fig. 2 darstellt, sind die Keramikschichten 9 und 10, die Metallbelegungen 11 und 12 und die Kontaktschicht 13 zu erkennen, die sich im und am Keramikkörper 1 befinden, dessen Kanten 20 zwischen den Oberflächen 19 und den Seitenflächen 6, 7 abgerundet sind.

Die Fig. 4, 5, 6 und 7 erläutern schematisch den Prozeß des Einpressens der niedrig schmelzenden Metallschmelze.

Die Fig. 4 und 5 sind Schnitte längs den Linien IV-IV und V-V in Fig. 1, und die Fig. 6 und 7 sind Schnitte längs den Linien VI-VI und VII-VII, ebenfalls in Fig. 1.

In den Fig. 4 und 5 erkennt man die im einzelnen schon beschriebenen Teile, nämlich die Hohlräume 2 und 3 und die sich darin über das Volumen verteilt befindenden Keramikpartikel 8. Der Hohlraum 2 über der Keramikschicht 9 ist zur Stirnfläche 4 hin offen und ebenfalls in einem Teilbereich 15 der Seitenflächen 6 und 7. Der Hohlraum 3 über der Keramikschicht 10 ist zur Stirnseite 5 und ebenfalls in einem Teilbereich 16 der Seitenflächen 6 und 7 hin offen.

In dieser Form ist ein mit Hohlräumen versehener Keramikkörper im Prinzip aus der bereits diskutierten US-PS 46 58 328 bekannt. Dieser Keramikkörper wird dort jedoch an den Stirnseiten zunächst mit porösen Kontaktschichten versehen, die auf die Seitenflächen und die Oberflächen nur so weit herumreichen, daß dennoch ein Teil der zu den Seitenflächen hin offenen Hohlräume weiterhin offen verbleibt und dort dann auch Metallschmelze hineingepreßt werden kann.

Im Gegensatz hierzu wird beim Verfahren der vorliegenden Erfindung der mit Hohlräumen 2, 3 versehene Keramikkörper zunächst mit Metallschmelze gefüllt. Die Metallschmelze wird in die Hohlräume 2 und 3 entsprechend der durch die Pfeile 36 gegebenen Richtung hineingepreßt.

Schematisch ist in den Fig. 6 und 7 gezeigt, daß die erstarrte Metallschmelze 37 in den an den Stirnseiten 4 bzw. 5 und in den Teilbereichen 15, 16 der Seitenflächen 6 und 7 offenen Hohlräumen 2, 3 durch die Kontraktion von Metall freie Räume bildet, die an den Stirnflächen 4 mit 40 und an den Stirnflächen 5 mit 41 bezeichnet sind.

Die durch Einpressen von Metall mit Metallbelegungen gefüllten Keramikkörper 1 werden gemäß der vorliegenden Erfindung danach einer mechanischen Oberflächenbehandlung unterworfen, bei der die Kanten 17, aber auch die Kanten 18 und 20 (vgl. Fig. 1, 2 und 3) abgerundet werden.

Die Fig. 8 und 9 stellen Schnitte längs der Linien VIII-VIII und IX-IX in Fig. 2 dar, jedoch vor dem Anbringen der Kontaktschichten 13 und 14.

Man erkennt in den Fig. 8 und 9 wiederum die erstarrte Metallschmelze 37 und die über das Volumen verteilten Keramikpartikel 8.

Ferner wird in diesen beiden Figuren gezeigt, daß durch die mechanische Oberflächenbehandlung die Kanten 17 dermaßen abgerundet sind, daß auch die Hohlräume 40 und 41 praktisch so weit abgetragen wurden, daß die erstarrte Metallschmelze 37 bis zu den Stirnflächen 4 bzw. 5 hin reicht.

Die Fig. 10 und 11 stellen Schnitte längs der Linien X-X und XI-XI in Fig. 2 dar.

Durch an sich bekannte Metallisierungsverfahren sind unporöse Kontaktschichten 13 und 14 an den Stirnflächen 4 und 5 und herumreichend auf die Seitenflächen 6 und 7 in den Teilbereichen 15 und 16 aufgetragen.

Die Anbindung, d.h. die elektrische Verbindung zwischen den Kontaktschichten 13, 14 und den Metallbelegungen 11, 12, ist insbesondere im Bereich der abgerundeten Kanten 17 besonders intensiv, weil dort durch die mechanische Bearbeitung die Oberfläche für die Abscheidung des Kontaktierungsmetallbesonders gut vorbereitet ist.

In den Fig. 12, 13, 14 und 15 ist das Verfahren zur Herstellung des gesinterten monolithischen Keramikkörpers 1 bis zu einem gewissen Verfahrensstand dargestellt.

Die aus einer Suspension für die Keramikschichten 9 und 10 hergestellten Suspensionsschichten 21 und 22 bzw. 25 und 26 (die Herstellung solcher Suspensionsschichten ist hinreichend bekannt; man bedient sich hierfür vorgebrannter, in Pulverform befindlicher Materialien, die im gesinterten Zustand die Dielektrikumsschichten darstellen sollen und die in einem Suspensionsmittel enthalten sind, das sich beim späteren Aufheizvorgang für die Sinterung verflüchtigt) werden über ihre gesamte Breite 33 mit Mustern 23 und 24 bzw. 27 und 28 versehen.

Die Suspensionsmuster 23 und 24 sind dabei so ausgerichtet, daß die die späteren Hohlräume ergebenden Flecken, jeweils durch Brücken 39 miteinander verbunden, eine Reihe über die Breite 33 ergeben.

Demgegenüber sind die Suspensionsmuster 27 und 28 derart ausgestaltet, daß auf jeder Suspensionsschicht 25 bzw. 26 jeweils zwei solcher Reihen direkt aneinandergrenzen.

Die Herstellung einer Suspension für die Suspensionsmuster und die Art ihrer Auftragung auf die Suspensionsschichten 23, 24, bzw. 25, 26 ist ebenfalls z.B. aus den oben angegebenen Patentschriften hinreichend bekannt.

Mehrere solcher derart vorbereiteter Suspensionsschichten 21, 22, bzw. 25, 26 werden jeweils zu einem Stapel derart zusammengelegt, daß die Suspensionsmuster 23, 24 bzw. 27, 28 sich in einem relativ großen Teilbereich 29 überlappen, wie dies in den Fig. 12 und 14 schraffiert umrandet dargestellt ist. Der Überlappungsbereich 29 liegt praktisch in der Mitte des Einzelkörpers 32 (schraffiert umrandet), der entsteht, wenn man die aus den mit den Suspensionsmustern versehenen Suspensionsschichten übereinander stapelt und nach einem Preßvorgang längs



den Schnittlinien 30 in Längsrichtung und den Schnittlinien 31 in Querrichtung vor oder nach dem Sintern aufteilt.

Die gewählte Art der Form der Suspensionsmuster erlaubt es, daß nicht nur Einzelkörper 32 im Rohzustand gesintert werden können, sondern daß auch ein aus mehreren Suspensionsschichten gebildeter Stapel nach der Anwendung von Druck und gegebenenfalls Wärme gesintert werden kann, weil durch die Brücken 39 die Suspensionsmuster 23, 24, 27, 28 im Bereich dieser Brücken 39 bis zu den Außenrändern 38 der Suspensionsschichten 21, 22, 25, 26 reichen, so daß dort die durch Aufheizung zu verflüchtigenden Anteile der Suspension der Suspensionsmuster entweichen können.

Man erkennt aus den Fig. 12, 13, 14 und 15, daß Länge 34 und Breite 33 der Suspensionsschichten je ein Vielfaches der Breite und Länge der späteren Keramikkörper 1, dargestellt durch die Einzelkörper 32, betragen.

#### Ausführungsbeispiel

Eine Anzahl von Suspensionsschichten (Keramikfolien) wird an den Stellen, wo im fertigen Vielschichtbauelement, insbesondere dem Vielschichtkondensator, die Innenelektroden sind, mit einer Rußpaste, bestehend aus Lösungsmittel, Ruß, Harz und bis zu 30 Gew.-% Keramikpulver (das in seiner Zusammensetzung vorzugsweise dem Keramikmaterial des Keramikkörpers entspricht) bedruckt, wobei die Elektrodenform so gewählt ist, daß im fertigen Bauelement die Innenelektrode nicht nur an den Stirnflächen, sondern auch in den an sie angrenzenden Teilbereichen der Seitenflächen, nach außen geführt ist. Die Keramikfolien werden nun so übereinander geschichtet, daß die bedruckten Flächen im ungesinterten Keramikkörper abwechselnd an eine der Stirnflächen geführt sind. Die Stapel werden gepreßt und dann in Einzelteile zerteilt. Diese Einzelteile werden dann in einer Schutzgasatmosphäre auf 400°C aufgeheizt, wobei die Lösungsmittel der Rußpaste abdampfen, das Harz gecrackt und ebenfalls abgedampft wird. In einem weiteren Schritt werden die Einzelteile in Luft auf 1100 bis 1300°C aufgeheizt, je nach der verwendeten Keramikart, wobei zuerst der Kohlenstoff des Rußes und die Restbestandteile des gecrackten Harzes verbrennen und dann die Keramik zusammensintert. Die so hergestellten Teile bestehen aus Schichten aus dichter dielektrischer Keramik und aus Stützelemente enthaltenden Hohlräumen, die abwechselnd zu der einen Stirnfläche und zu der anderen Stirnfläche und an Teilbereichen der Seitenflächen des Keramikkörpers offen sind.

Die so hergestellten Teile werden in einem Autoklaven mit flüssiger Metallschmelze (Blei oder Bleilegierung, die die Keramik gut benetzt) gebracht und evakuiert auf  $p$  kleiner 1 mbar. Sodann werden die Teile vollständig in die Metallschmelze getaucht; mit 10 bis 20 bar wird die Metallschmelze in die Hohlräume hineingepreßt, vorzugsweise unter Stickstoffatmosphäre, damit die Oberfläche der Metallschmelze nicht zu stark oxidiert. Nach 20 bis 120 sec werden die Teile aus dem Metallbad herausgehoben, von überschüssiger Metallschmelze durch Schütteln befreit und unter den Schmelzpunkt des Metalls abgekühlt, wonach der Druck im Autoklaven abgelassen wird und die Teile herausgenommen werden.

Die Keramikkörper, welche nun Metallbelegungen als Innenelektroden enthalten, werden danach mit SiC-Pulver gemischt und mit Wasser in eine V2A-Dose gefüllt. Die Dose, die die Keramikkörper, SiC-Pulver und Wasser enthält, wird nun auf einem Walzenstuhl oder einer ähnlichen Einrichtung ca. 3 Std. mit 60 bis 100 Umdrehungen pro Minute gedreht, so daß die Keramikkörper durch das SiC-Pulver geschleut werden. Bei dieser Behandlung werden die Oberflächen von anhaftenden Bleiverunreinigungen gereinigt, während die Kanten und Ecken bevorzugt abgetragen, d.h. abgerundet werden, so daß nach dem Scheuern die Innenelektroden, die sich beim Herausziehen aus der Metallschmelze stets durch Kontraktion etwas von den Stirn- und Seitenflächen zurückziehen, bzw. etwas ausfließen, bis an die Stirnseiten des monolithischen Keramikkörpers reichen. Die Teile werden nach dem Scheuern mit einem Sieb vom Wasser und vom SiC-Pulver getrennt und danach getrocknet.

In einem nächsten Schritt werden an den Stirnflächen der Keramikkörper Kontaktschichten als Außenelektroden aufgesputtert, und zwar derart, daß auch die Teile der Innenelektroden, die an den an die Stirnflächen angrenzenden Teilbereichen der Seitenflächen sich befinden, von den Kontaktschichten bedeckt werden.

Die Kontaktschichten werden vorzugsweise aus drei Schichten mit folgenden Eigenschaften aufgebaut.

Die erste Schicht wird vorzugsweise aus Aluminium gebildet, welches eine gute Haftschrift auf Keramik abgibt und einen geringen Übergangswiderstand im fertigen Kondensator garantiert.

Die zweite Schicht wird bevorzugt aus Nickel oder Nickel-Vanadium gebildet, welche eine Sperrschicht für das Löten darstellen.

Als dritte Schicht wird eine Silberschicht aufgetragen, welche eine gute Lötbarkeit des fertigen Bauelementes garantiert.

Diese drei Schichten werden nach an sich bekannten Verfahren aufgetragen, insbesondere aufgesputtert.

Eine bevorzugte Ausführungsform der Kontaktschichten besteht darin, daß die Aluminiumschicht 0,5 µm, die Nickel-Vandium-Schicht 1,5 µm und die Silberschicht 1 µm dick sind. Diese Kontaktschicht erfüllt zwar alle Anforderungen an Lötbarkeit und elektrische Kontaktgabe, sie ist jedoch für gewisse Anforderungen noch nicht unbegrenzt lagerfähig. Wird eine Lagerfähigkeit von mindestens 2 Jahren gefordert, festgestellt durch einen Benetzbarkeitstest nach einer Lagerung von 16 Stunden bei 155°C, so empfiehlt es sich, die Kontaktschicht noch durch Tauchverzinnen (Schwallverzinnen) zu verstärken. Auf diese Weise hergestellte Vielschicht-Keramikondensatoren erfüllen alle Anforderungen für SMD-Teile.

Bezugszeichenliste:

- 1 Keramikkörper
- 2 Hohlräume im Keramikkörper

- 3 Hohlräume im Keramikkörper
- 4 Stirnfläche des Keramikkörpers
- 5 Stirnfläche des Keramikkörpers
- 6 Seitenfläche des Keramikkörpers
- 7 Seitenfläche des Keramikkörpers
- 8 Keramikpartikel zwischen Keramikschichten
- 9 Keramikschicht als Dielektrikum
- 10 Keramikschicht als Dielektrikum
- 11 Metallbelegungen
- 12 Metallbelegungen
- 13 Kontaktschicht an der Stirnfläche 4
- 14 Kontaktschicht an der Stirnfläche 5
- 15 offene Teilbereiche der Hohlräume 2
- 16 offene Teilbereiche der Hohlräume 3
- 17 Kanten zwischen den Stirnflächen 4, 5 und den Seitenflächen 6, 7
- 18 Kanten zwischen den Stirnflächen 4, 5 und den Oberflächen 19
- 19 Oberflächen des Keramikkörpers 1
- 20 Kanten zwischen den Oberflächen 19 und den Seitenflächen 6, 7
- 21 Suspensionsschicht für die Keramikschicht 9
- 22 Suspensionsschicht für die Keramikschicht 10
- 23 Suspensionsmuster auf der Suspensionsschicht 21
- 24 Suspensionsmuster auf der Suspensionsschicht 22
- 25 Suspensionsschicht für die Keramikschicht 9
- 26 Suspensionsschicht für die Keramikschicht 10
- 27 Suspensionsmuster auf der Suspensionsschicht 25
- 28 Suspensionsmuster auf der Suspensionsschicht 26
- 29 überlappende Teilbereiche
- 30 Schnittlinien in Längsrichtung
- 31 Schnittlinien in Querrichtung
- 32 Einzelkörper (schraffiert umrandet)
- 33 Breite der Schichten 21, 22 bzw. 25, 26
- 34 Länge der Schichten 21, 22 bzw. 25, 26
- 35 Breite der Auflageflächen der Kontaktschichten 13, 14
- 36 Pfeile, die die Einpreßrichtung anzeigen
- 37 erstarrtes Metall
- 38 Außenränder der Suspensionsschichten 21, 22, 25, 26
- 39 Brücken der Suspensionsmuster 23, 24, 27, 28
- 40 von Metall freie Räume an den Stirnflächen 4
- 41 von Metall freie Räume an den Stirnflächen 5

- Leerseite -

3725454

1/3

FIG 1

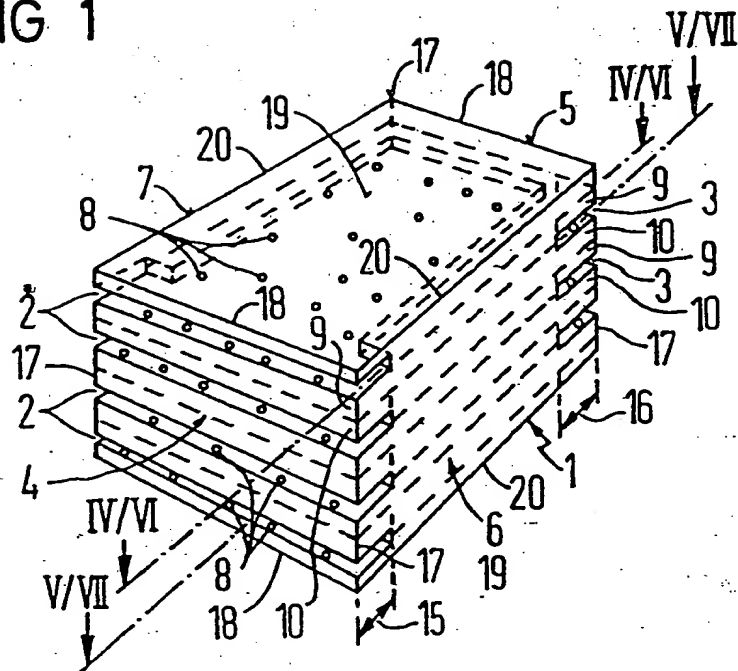


FIG 2

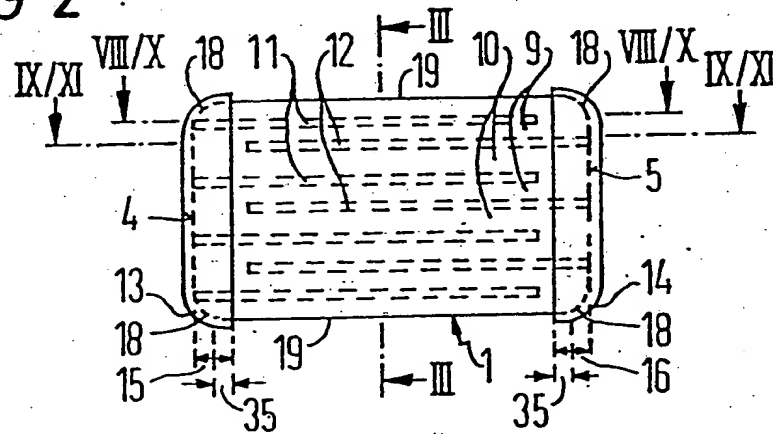
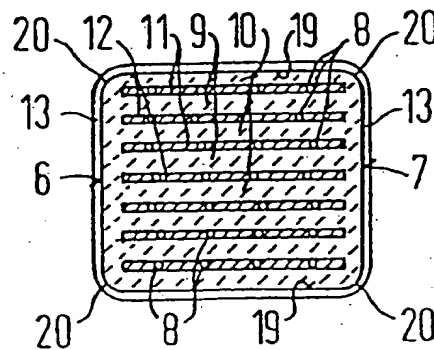


FIG 3



2/3

3725454

FIG 4

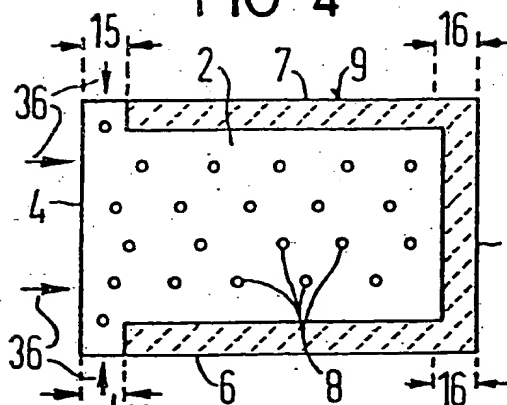


FIG 5

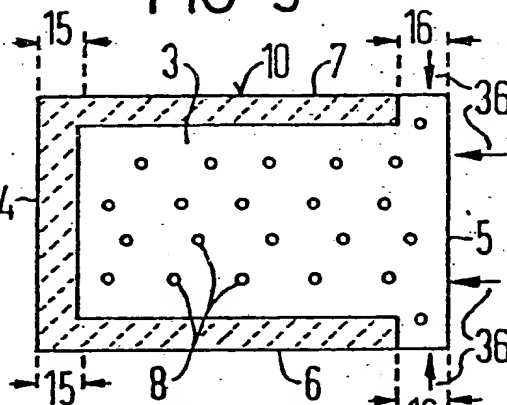


FIG 6

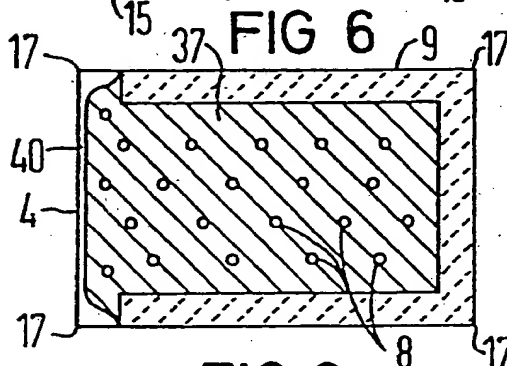


FIG 7

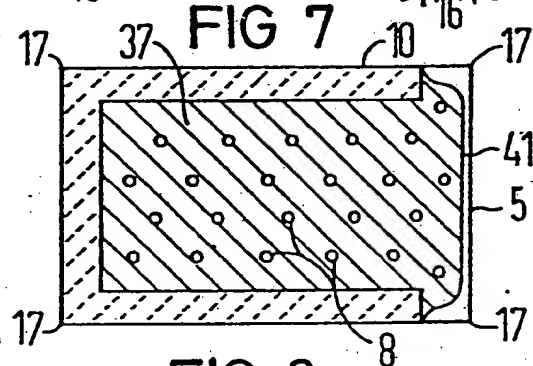


FIG 8

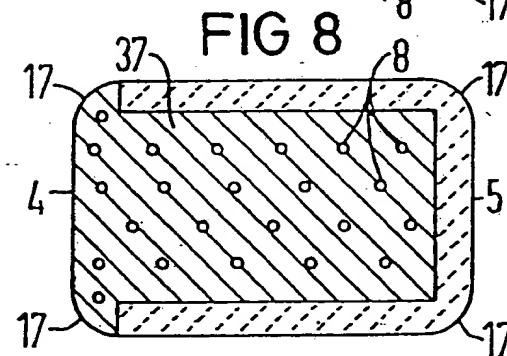


FIG 9

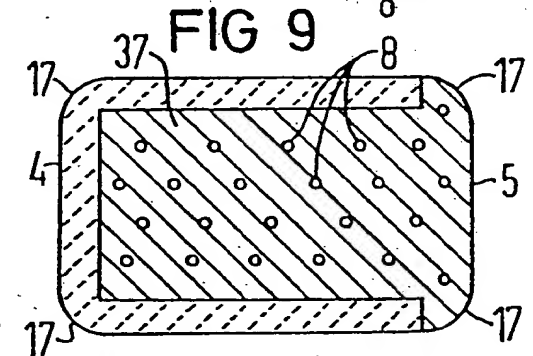


FIG 10

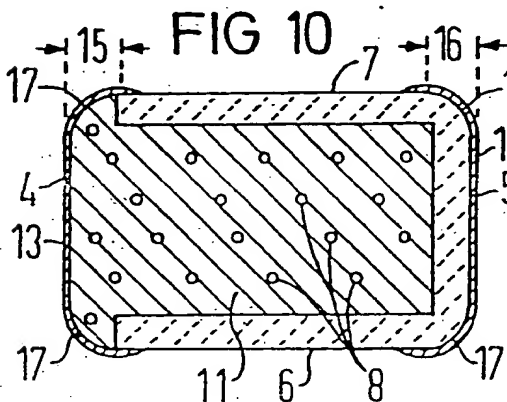
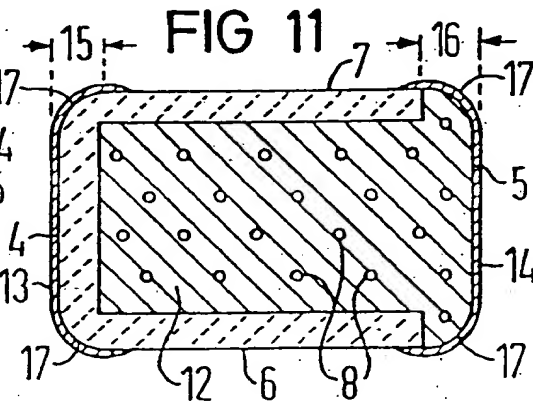


FIG 11



3/3

3725454

FIG 12

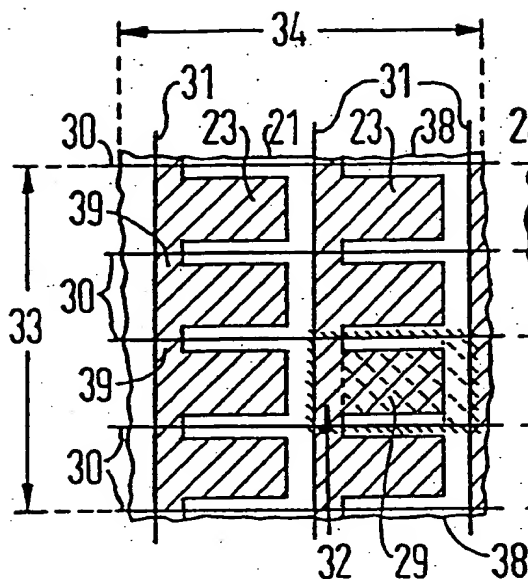


FIG 13

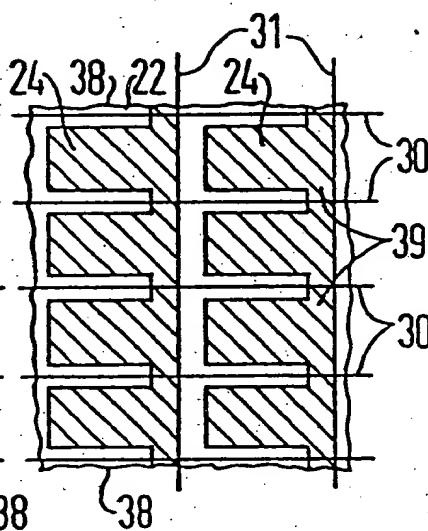


FIG 14

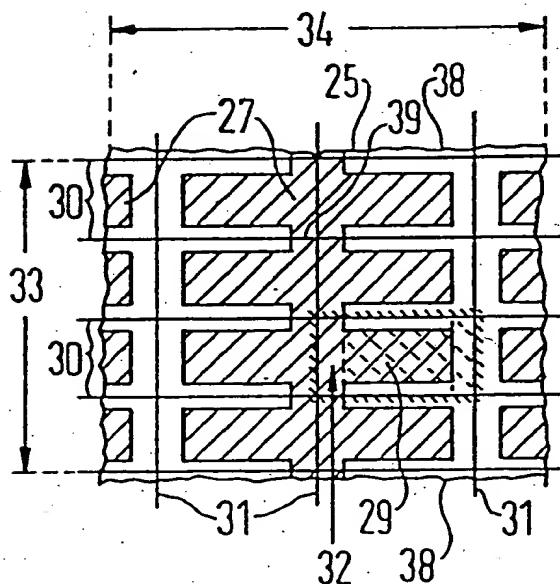


FIG 15

